



# REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de Anestesiologia  
[www.sba.com.br](http://www.sba.com.br)

## ARTIGO DE REVISÃO

# Marcapassos e cardioversores desfibriladores implantáveis – considerações gerais e anestésicas

Amy G. Rapsang\* e Prithwis Bhattacharyya

*Departamento de Anestesiologia e Cuidados Intensivos, North Eastern Indira Gandhi Regional Institute of Health and Medical Sciences, Shillong, Meghalaya, Índia*

Recebido em 21 de agosto de 2012; aceito em 28 de fevereiro de 2013

Disponível na Internet em 26 de fevereiro de 2014

### PALAVRAS-CHAVE

Marcapassos;  
Cardioversores  
desfibriladores  
implantáveis;  
Anestesia para  
portadores de  
dispositivos

**Resumo** Marcapasso (MP) é um sistema que consiste em um gerador de impulso e eletrodo ou eletrodos que conduzem o impulso elétrico para o coração do paciente. Códigos de MP e cardioversor desfibrilador implantável (CDI) foram criados para descrever o tipo de MP ou CDI implantado. Indicações para a implantação de MP e CDI foram descritas pelo Colégio Americano de Cardiologistas. Alguns MPs têm interruptores de circuitos magneticamente operados incorporados, porém a aplicação magnética pode causar efeitos adversos graves; portanto, os dispositivos devem ser considerados programáveis, salvo conhecimento em contrário. Quando um paciente portador de dispositivo é submetido a qualquer procedimento (com ou sem anestesia), precauções especiais devem ser tomadas, incluindo história/exame físico focados; perguntas sobre o MP antes e após o procedimento, uso de medicamentos de emergência/estimulação e desfibrilação temporárias; reprogramação do MP e desabilitação de certas funções, caso necessário; monitoração dos distúrbios metabólicos e eletrolíticos e evitar certos medicamentos e equipamentos que podem interferir na função do MP. Se houver previsão de interações com o dispositivo, considerar a suspensão do procedimento até que a fonte de interferência tenha sido eliminada ou controlada e todas as medidas corretivas devem ser tomadas para garantir o funcionamento adequado do MP. Após o procedimento, frequência e ritmo cardíacos devem ser monitorados continuamente, medicamentos e equipamentos de emergência devem ser mantidos de prontidão e pode ser necessário consultar um cardiologista ou serviço de MP-CDI.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda.

Este é um artigo Open Access sob a licença de [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

## Introdução

Dispositivos de estimulação que funcionam com pilhas foram introduzidos pela CW Lillehei e por Earl Bakken em 1958.<sup>1</sup> A

evolução natural do MP levou à invenção do CDI, por volta de 1980, por Michael Morchower.<sup>1</sup>

Um sistema de MP consiste em um gerador de impulso e eletrodo ou eletrodos que conduzem o impulso elétrico para o coração do paciente. Os eletrodos podem ser unipolares, bipolares ou multipolares. Os geradores com eletrodos bipolares podem ser programados para o modo unipolar de estimulação, detecção ou ambos.<sup>1</sup>

\* Autor para correspondência.

E-mail: [amy\\_rap@yahoo.com](mailto:amy_rap@yahoo.com) (A.G. Rapsang).

**Tabela 1** Sociedade Norte-Americana de Marcapasso e Eletrofisiologia (Naspe)/Grupo Britânico de Marcapasso e Eletrofisiologia (BPEG) (2002) Código Genérico de Marcapasso (NBG) <sup>2</sup>

Posição I: câmara(s) de estimulação	Posição II: câmara(s) de detecção	Posição III: resposta(s) à detecção	Posição IV: programabilidade	Posição V: estimulação multissítio
O = nenhuma A = átrio	O = nenhuma A = átrio	O = nenhuma I = inibida	O = nenhuma R = modulação da frequência	O = nenhuma A = átrio
V = ventrículo D = dual (A + V)	V = ventrículo D = dual (A + V)	T = desencadeada D = dual (T + I)		V = ventrículo D = dual (A + V)

## Códigos de marcapassos

A [tabela 1](#) mostra os códigos de MP descritos pela Sociedade Norte-Americana de Marcapasso e Eletrofisiologia (Naspe)/Grupo Britânico de Marcapasso e Eletrofisiologia (BPEG) (2002) Código Genérico de Marcapasso (NBG).<sup>2</sup>

**Duplo:** Fornece sincronia atrioventricular (AV) com a qual a estimulação auricular acontecerá no modo “inibido” e o dispositivo de estimulação garantirá que um evento ventricular virá em seguida.<sup>1</sup>

**Inibido:** A câmara apropriada é estimulada, a menos que a atividade elétrica intrínseca seja detectada durante o intervalo de estimulação.<sup>1</sup>

**Aperfeiçoado:** O dispositivo de estimulação emitirá um pulso apenas em resposta a um evento.<sup>1</sup>

## Indicações para o implante de marcapasso <sup>3</sup>

### 1. Bradicardia por causa da disfunção do nó sinusal (DNS) e da disfunção do nó atrioventricular (DNAV).

- DNS: bradicardia sinusal persistente e insuficiência crônica sem causas identificáveis, bradicardia sintomática.
- Bloqueio atrioventricular (AV) adquirido em adultos:
- Bloqueio AV de segundo grau avançado e de terceiro grau em qualquer nível anatômico associado a:
  - o Bradicardia com sintomas/arritmias ventriculares presumidamente por causa de bloqueio AV.
  - o Outras condições médicas que necessitam de terapia com medicamentos que resultam em bradicardia sintomática.
  - o Pacientes sem sintomas no ritmo sinusal, com períodos documentados de assistolia maior ou igual a 3 segundos, taxa de escape < 40 bpm ou ritmo de escape abaixo do nó AV.
  - o Pacientes acordados sem sintomas, com fibrilação atrial (FA) e bradicardia com pausas  $\geq$  uma de pelo menos  $\geq$  5 segundos.
  - o Após a ablação por cateter da junção AV associada a bloqueio AV, cuja resolução não é esperada após cirurgia cardíaca.
  - o Associado a doenças neuromusculares com bloqueio AV.
- Bloqueio AV de segundo grau com bradicardia sintomática associada, independentemente do tipo ou do local do bloqueio.
- Bloqueio AV de terceiro grau assintomático e persistente em qualquer local anatômico com frequências ventriculares médias acordado de 40 bpm ou mais

rápido, se houver cardiomegalia ou disfunção ventricular esquerda ou se o local de bloqueio está abaixo do nó AV.

- Bloqueio AV de segundo ou terceiro grau durante o exercício, na ausência de isquemia miocárdica.
2. **Bloqueio bifascicular crônico: bloqueio bifascicular refere-se à evidência no ECG de condução prejudicada abaixo do nó AV nos feixes direito e esquerdo.**
- Bloqueio AV de segundo grau avançado ou bloqueio AV de terceiro grau intermitente.
  - Bloqueio AV de segundo grau tipo II.
  - Bloqueio alternado feixe-ramo.
3. **Estimulação para bloqueio atrioventricular associado a infarto agudo do miocárdio.**
- Bloqueio AV de segundo grau persistente após a elevação do segmento ST.
  - Bloqueio AV transiente infranodal de segundo grau avançado ou terceiro grau e bloqueio de feixe-ramo associado.
  - Bloqueio AV de segundo ou terceiro grau persistente e sintomático.
4. **Síndrome do seio carotídeo hipersensível e síncope neurológica.**
- Síncope recorrente causada pela ocorrência espontânea de estimulação do seio carotídeo e pressão do seio carotídeo que induz assistolia ventricular superior a 3 segundos.
5. **Após transplante cardíaco.**
- Bradicardia inapropriada persistente ou sintomática sem resolução esperada.
6. **Prevenção e extinção de arritmias por estimulação.**
- Taquicardia supraventricular (TSV) sintomática recorrente, que é reproduzivelmente terminada por estimulação quando a ablação por cateter e/ou medicamentos não consegue controlar a arritmia ou produz efeitos colaterais intoleráveis.
  - Taquicardia ventricular (TV) sustentada dependente de pausa, com ou sem prolongamento do intervalo QT.
7. **Cardiomiopatia hipertrófica.**
8. **Crianças, adolescentes e pacientes com doença cardíaca congênita.**
- Bloqueio AV de segundo/terceiro grau associado a bradicardia sintomática, disfunção ventricular ou baixo débito cardíaco.
  - DNS com correlação de sintomas durante bradicardia inapropriada para a idade. (A definição de bradicardia varia com a idade e a frequência cardíaca esperada do paciente.)

- Bloqueio AV pós-operatório de segundo grau avançado ou terceiro grau, sem resolução esperada ou que persiste durante pelo menos sete dias após a cirurgia cardíaca.
- Bloqueio AV congênito de terceiro grau com um ritmo de escape de QRS largo, ectopia ventricular complexa ou disfunção ventricular.
- Bloqueio AV congênito de terceiro grau em lactente com frequência ventricular inferior a 55 bpm ou com doença cardíaca congênita e frequência ventricular inferior a 70 bpm.

### Indicações para implantação de cardioversor desfibrilador implantável

- Sobreviventes de parada cardíaca por causa da FV/TV sustentada hemodinamicamente instável.
- Doença cardíaca estrutural e TV sustentada espontânea, hemodinamicamente estável ou instável.
- Fração de ejeção ventricular esquerda (Feve)  $\leq 35\%$  por causa de IM prévio (New York Heart Association [NYHA]: classe funcional II/III) ou Feve  $\leq 30\%$  por causa de IM prévio (NYHA: classe funcional I).
- Cardiomiopatia dilatada não isquêmica com Feve  $\leq 35\%$  (NYHA: classe funcional II/III).
- TV não sustentada por causa de IM prévio, Feve  $\leq 40\%$ .

### Indicações para implantação de cardioversor desfibrilador implantável em pacientes pediátricos e pacientes com cardiopatia congênita

- Sobrevivente de parada cardíaca.
- TV sustentada sintomática.

### Complicações

Podem ser por causa da presença do sistema de estimulação como um corpo estranho (complicações mecânicas), mau funcionamento aparente ou real do sistema de estimulação, complicações agudas relacionadas ao procedimento: hemo-tórax, pneumotórax, punção da artéria subclávia e perfuração do miocárdio.<sup>4</sup>

1. **Infecção:** a incidência é de 0,8-5,7%;<sup>4</sup> *Staphylococcus aureus* (infecções precoces) e *S. epidermidis* (infecções tardias) são os organismos envolvidos mais comuns.<sup>4</sup>
  - a. **Infecção da bolsa do MP:** uso rotineiro de profilaxia anti-biótica antiestafilocócica no momento do implante ou alteração do gerador demonstraram ter benefício consistente em uma metanálise de sete estudos randômicos e controlados, com 2.023 pacientes, para diminuir as taxas de infecção da bolsa em curto prazo, erosão da pele ou septicemia.<sup>5</sup> Portanto, recomenda-se profilaxia de rotina com antibióticos antiestafilocócicos.<sup>4</sup>
  - b. **Endocardite:** a erradicação completa da infecção geralmente envolve a remoção de todo o sistema de estimulação.<sup>4</sup>
2. **Trombose:** geralmente subclínica.
  - Embolia:* embolia pulmonar (incidência de 0,6-3,5%<sup>4</sup>) e sistêmica. Os pacientes implantados com um sistema

de estimulação VVI(R) apresentam uma incidência maior de fibrilação atrial crônica e paroxística, o que predispõe a eventos embólicos.<sup>4</sup>

### 3. Problemas de estimulação

- a. **Falha de captura:** ocorrência da saída de estímulo que, quando fornecido fora do período refratário do tecido atrial ou ventricular, não é seguido por uma onda P ou complexo QRS. Isso pode ser por causa da elevação do limiar de estimulação, que, por sua vez, pode ser por causa de distúrbios metabólicos, medicamentos (principalmente antiarrítmicos), infarto agudo do miocárdio, defeitos nos eletrodos de estimulação (fraturas, ruptura do isolamento), maturação do eletrodo, deslocamento ou perfuração, programação inapropriadamente baixa de saída, expiração da bateria.<sup>4</sup>
- b. **Falha de saída:** manifesta-se no eletrocardiograma de superfície como uma ausência de artefatos de estimulação. Isso pode ser por causa do esgotamento da bateria ou falha de um componente.<sup>4</sup>

### 4. Problemas de detecção:<sup>4</sup>

**Superdetecção de sinais indesejados:** uma pausa no ritmo estimulado (modos AAI/VVI) ou, se o evento atrial superdetectado desencadear estimulação no ventrículo, um evento ventricular estimulado detectado antes do esperado. Subdetecção do sinal intracardiaco intrínseco.

### 5. Taxas de estimulação rápida:<sup>4</sup>

- a. **Taquiarritmias atriais:** taquicardia sinusal, taquicardia atrial, fibrilação atrial e estimulação ventricular podem se assemelhar a um "bloqueio AV eletrônico" e o débito cardíaco pode diminuir repentinamente.
- b. **Taquicardia mediada por marcapasso (TMM).**

### Magnetos de marcapasso

Interruptores de circuitos operados por magnetos em MPs foram originalmente incorporados para produzir o comportamento do MP que demonstraria a carga restante da bateria e por vezes os limiares de estimulação e podem ser usados para proteger o paciente dependente de MP durante diatermia, eletrocautério ou outras fontes de interferência eletromagnética (IEM) pulsada.<sup>6</sup> Magnetos podem ser aplicados sobre o MP para evitar a inibição por tais interferências pulsadas.<sup>6</sup> Nos MPs modernos, uma alternância para estimulação assíncrona é acoplada para o próximo evento cardíaco para evitar a competição desde o início. A colocação de um magneto sobre um gerador pode não produzir alteração na estimulação porque nem todos os MPs alternam para um modo assíncrono contínuo quando um magneto é aplicado.<sup>1</sup> Em alguns dispositivos, o comportamento do magneto pode ser alterado por programação, enquanto que em outros o comportamento do magneto pode ser completamente eliminado por programação. Para todos os geradores, consultar o fabricante é o método mais confiável de determinar a resposta do magneto e de usar essa resposta para prever o que resta de carga na bateria.<sup>1</sup> Contudo, a Força Tarefa adverte contra o uso de magneto sobre um CDI.<sup>6</sup>

Como a voltagem da bateria cai, a resposta do magneto pode ser usada para detectar o seguinte:<sup>1</sup>

**Tabela 2** Modos de estimulação comumente usados <sup>4</sup>

Posição da carta				Descrição
I Câmara estimulada	II Câmara detectada	III Modo de resposta	IV Adaptação da frequência	
A	O	O		Estimulação atrial assíncrona (frequência fixa)
A	A	T		Estimulação atrial acionada. Impulso produzido é liberado (e detectado pelo eletrodo de atrial) no momento da detecção ou no intervalo de escape programado (raramente usado)
A	A	I		Demanda de estimulação atrial; saída inibida pela atividade atrial detectada
A	A	I	R	Demanda de estimulação atrial; saída inibida pela atividade atrial detectada; aumento das frequências detectadas e diminuição da resposta à entrada do sensor
V	O	O		Estimulação ventricular assíncrona (frequência fixa)
V	V	T		Estimulação ventricular acionada. Impulso produzido é liberado (e detectado pelo eletrodo de atrial) no momento da detecção ou no intervalo de escape programado (raramente usado)
V	V	I		Demanda de estimulação ventricular; saída inibida pela atividade ventricular detectada
V	V	I	R	Demanda de estimulação ventricular; saída inibida pela atividade atrial detectada; aumento das frequências detectadas e diminuição da resposta à entrada do sensor.
V	D	D		Estimula o ventrículo; detecta tanto no átrio quanto no ventrículo e estimula o ventrículo após o intervalo atrioventricular programado.
D	D	I		Demanda estimulação atrial e ventricular; o acompanhamento do ritmo atrial não ocorre
D	D	I	R	Demanda atrial e ventricular; as frequências estimuladas aumentam e a resposta à entrada do sensor diminui; o acompanhamento do ritmo atrial não ocorre.
D	D	D		Estimulações e detecções tanto no átrio quanto no ventrículo; atividade estimulada até o limite da frequência máxima programada
D	D	D	R	Estimulações e detecções tanto no átrio quanto no ventrículo; estimulações até o limite máximo da frequência programada; as frequências estimuladas aumentam e a resposta à entrada do sensor diminui.

- IFI (acompanhamento intensificado é necessário) – o dispositivo deve ser verificado com frequência (aproximadamente a cada quatro semanas para a maioria dos modelos).
- ERI (indicador de troca eletiva) – o dispositivo está chegando ao fim de sua vida útil e deve ser substituído de forma eletiva.
- EOL (fim de vida) – o dispositivo tem bateria com carga restante insuficiente e deve ser substituído imediatamente.

- Ocasionalmente, TMMP pode acontecer na remoção do magneto de um MP de câmara dupla.<sup>1</sup>

Portanto, em MPs não programáveis, o uso de magneto pode ser seguro. Contudo, os dispositivos mais atuais devem ser considerados programáveis, salvo conhecimento em contrário.<sup>9</sup>

A [tabela 2](#) mostra os modos de estimulação usados.<sup>4</sup>

### Problemas com a aplicação de magneto

- Alternar para estimulação assíncrona pode desencadear assincronia ventricular em pacientes com isquemia miocárdica, hipóxia e desequilíbrio eletrolítico.<sup>5</sup>
- Aplicação constante de magneto sobre o MP pode alterar a programação e também causar perda permanente ou transitória de estimulação.<sup>7</sup>
- Variabilidade da resposta entre dispositivos.<sup>8</sup>

### Cardioversor desfibrilador implantável (CDI)

CDI consiste em gerador de pulso, eletrodos de estimulação ou detecção e bobinas de desfibrilação. Sua função é semelhante à de um MP e, portanto, é suscetível às mesmas complicações e emergências. Além disso, um CDI sente e detecta a TV e a FV e fornece terapia na forma de uma estimulação antitaquicardia (EAT) mais rápida, cardioversão de baixa energia e desfibrilação de alta energia. A [tabela 3](#) mostra um código de quatro posições,<sup>2</sup> descrito pela Sociedade Norte-Americana de Marcapasso e Eletrofisiologia

**Tabela 3** Código Genérico de Marcapasso (NBG) Naspe/BPEG <sup>2</sup>

Posição I câmaras de choque	Posição II câmaras de estimulação antitaquicardia	Posição III detecção de taquicardia	Posição IV câmaras de estimulação antitaquicardia
O = nenhuma A = átrio	O = nenhuma A = átrio	E = eletrograma H = monitores hemodinâmicos	O = nenhuma A = átrio
V = ventrículo D = dual (A + V)	V = ventrículo D = dual (A + V)		V = ventrículo D = dual (A + V)

(NASPE)/Grupo Britânico de Marcapasso e Eletrofisiologia (BPEG) (2002) Código Genérico de Marcapasso (NBG). A quarta posição é um código de três/cinco letras para a capacidade do dispositivo (MP).<sup>2</sup>

O choque do CDI pode levar a perda transitória pós-choque de captura e detecção no MP por causa da exposição do miocárdio à alta densidade da corrente. Em pacientes com CDIs e MPs separados, o ritmo do artefato de estimulação (PSA) pode causar superdetecção ou subdetecção na derivação do CDI e resultar em terapia com CDI inadequada. Por isso, recomenda-se que a estimulação na amplitude da estimulação crônica no ritmo sinusal deve causar uma amplitude no PSA < 1 mV na taxa do sensor da estimulação do CDI para garantir a detecção apropriada do CDI durante a FV.<sup>4,10</sup>

É imperativo que os pacientes com CDI sejam rotineiramente submetidos a avaliação (a cada três meses e após cada exposição à IEM).<sup>4</sup>

## Marcapassos e circunstâncias especiais

### Ressonância magnética (RM)

Estima-se que até 75% dos pacientes portadores de MP precisarão fazer um exame de ressonância magnética durante a vida de seus dispositivos.<sup>11</sup> A contraindicação em pacientes com dispositivos eletrônicos é atualmente considerada relativa *versus* absoluta.<sup>12,13</sup> Os fabricantes desses dispositivos fizeram alterações para torná-los mais compatíveis com a RM (uso de menos material ferromagnético na construção da bateria).<sup>14</sup> RM afeta a função do MP de várias maneiras:

*Campo magnético estático:* pode resultar em movimento físico real dos componentes internos do gerador de impulsos.<sup>4</sup>

*Campo de radiofrequência (RF) modulada:* pode resultar em tensão induzida através dos eletrodos do MP que pode estimular o tecido do miocárdio e levar a taxas iguais às taxas de RM pulsantes (comprimentos de ciclo de 200-1000 ms),<sup>15</sup> aquecimento do tecido cardíaco adjacente aos eletrodos e causar lesão térmica do miocárdio e endocárdio.<sup>16</sup>

*Gradiente de campo magnético:* pode causar superdetecção ou subdetecção e induzir efeito de aquecimento desprezível.<sup>17</sup>

Durante a RM, a taxa de resposta, a resposta ao magneto, ao ruído, à detecção ventricular, à contração ventricular prematura e à fibrilação atrial conduzida e as funções

de taquiarritmia devem ser desativadas.<sup>4</sup> Pacientes dependentes de MP devem ser programados para o modo VOO e os pacientes não dependentes para os modos VVI ou DDI.<sup>18</sup> Orientações sobre RM em pacientes dependentes de marcapasso:<sup>12,13,19-21</sup>

- Deve-se ponderar a decisão, principalmente em relação ao risco-benefício e à urgência da indicação clínica para RM.
- Obter consentimento informado verbal e por escrito.
- Antes de conduzir o paciente ao exame de RM, as funções do MP devem ser pré-testadas.
- Um cardiologista deve decidir se é necessário programar o MP antes da RM.
- O pessoal de Suporte Avançado à Vida em Cardiologia (ACLS) deve estar presente durante todo o exame de RM e um carrinho de parada e desfibrilador deve estar disponível no local.
- O paciente deve ser monitorado e contato visual/voz mantido continuamente durante a RM.
- Após o exame de RM, um cardiologista/eletrofisiologista deve verificar o MP para confirmar que se função está compatível com o estado pré-exame.

A exposição à RM tem efeitos no CDI similares aos descritos para MP cardíaco, pois alguns dos componentes básicos são comparáveis.<sup>4</sup> CDIs podem falsamente detectar o campo de radiofrequência da RM como FV, carregar os capacitores e transmitir uma ATP, cardioversão ou terapias de desfibrilação.<sup>16</sup> Os dispositivos podem não conseguir administrar a terapia ao CDI no campo magnético estático, o transformador do CDI estará magneticamente saturado e pode não ter a voltagem necessária para carregar o capacitor e, assim, levar à falha permanente do dispositivo. Os campos magnéticos também podem impedir a detecção de TV ou FV.

### Eletrocautério e anestesia

O eletrocautério é a fonte exógena mais comum de IEM<sup>6</sup> que pode interagir com MPs e resultar em inibição do gerador de impulso, queimaduras elétricas na interface do eletrodo-miocárdio, taquicardia atrial ou ventricular e fibrilação, falha do componente gerador de impulso, perda ou alteração da saída, reprogramação do ritmo ou modo de funcionamento e escape de corrente de estimulação.<sup>22-24</sup> A IEM gerada por eletrocautério, que pode afetar o dispositivo, está relacionada à distância e à orientação da corrente para os eletrodos e ao dispositivo do paciente. Um



estudo prospectivo mostrou que os dispositivos unipolares são bem mais sensíveis à interferência do eletrocautério do que os bipolares.<sup>24</sup> Na coagulação por eletrocautério bipolar, o fluxo da corrente está localizado entre os dois polos do instrumento e, portanto, apresenta problemas mínimos. Porém, nos dispositivos de eletrocautério unipolares, o fluxo da corrente elétrica não é restrito ao tecido interposto entre dois eletrodos e espalha-se pelo corpo.<sup>4</sup> O vetor bipolar do eletrocautério em relação ao do MP não deve interagir um com o outro.<sup>25</sup> Logo, a IEM gerada pelo eletrocautério, que pode afetar o dispositivo, está relacionada à distância e à orientação da corrente para os eletrodos e ao dispositivo do paciente.<sup>26</sup> As precauções especiais são:<sup>27</sup>

1. Usar um sistema de bisturi elétrico ultrassônico harmônico, se possível.<sup>6</sup>
2. Se apenas o eletrocautério unipolar estiver disponível, então o eletrodo indiferente deve ser colocado o mais distante possível dos eletrodos do MP.<sup>4</sup>
3. Assegura que a ferramenta de cauterização e a placa de retorno da corrente estejam posicionadas de modo que o caminho da corrente não passe através ou perto do gerador de impulso e eletrodos do dispositivo de controle do ritmo cardíaco (CRMD), gerador de impulso e eletrodos.<sup>6</sup>
4. Usar pulsos curtos, intermitentes e irregulares nos menores níveis possíveis<sup>5</sup> de energia para minimizar os efeitos hemodinâmicos da inibição do MP.<sup>4</sup>
5. Um magneto não deve ser aplicado profilaticamente, porque não há resposta geradora de pulso uniforme para essa manobra.<sup>4</sup>
6. Eletrocautério pode causar ruído eletromagnético no eletrodo sensor do CDI que é detectado como FV e pode levar ao choque inapropriado.<sup>4</sup>
7. Portanto, a detecção e o tratamento podem ser programados para *off* durante a cirurgia e para *on* após a cirurgia; desfibriladores externos são usados no intraoperatório para TV/FV.<sup>4</sup>
8. A disponibilidade de equipamentos de programação e pessoal treinado é essencial.
9. Pulsos temporários alternativos devem estar prontos em OT.<sup>26</sup>
10. Medicamentos como isoproterenol e atropina devem estar disponíveis.<sup>8</sup>
11. Monitoração cuidadosa do paciente.
12. O dispositivo deve ser sempre verificado após a operação.

## Diatermia

Diatermia de ondas curtas deve ser evitada perto do local gerador. Potenciais problemas incluem o superaquecimento do circuito gerador e danos aos componentes eletrônicos.<sup>6</sup>

## Eletroconvulsoterapia (ECT)

ECT é relativamente segura para pacientes com MP por causa da aplicação localizada do estímulo elétrico na cabeça; portanto, uma probabilidade baixa para a ocorrência de problemas.<sup>4</sup> Às vezes, a convulsão pode gerar miopoten- ciais que podem inibir o MP e podem ocorrer alterações

eletrocardiográficas transitórias (p. ex., aumento da amplitude da onda P, forma alterada do QRS e anormalidades na onda T e segmento ST), além de complicações cardíacas adicionais (p. ex., arritmia ou isquemia) em pacientes com doença cardíaca preexistente. A Força Tarefa acredita que a ECT pode ser administrada a pacientes com CRMD sem danos significativos a um CRMD desativado. Todos os CRMDs devem passar por uma análise abrangente antes do procedimento. As funções do CDI devem ser desativadas para terapia de choque durante a ECT.<sup>6</sup> Portanto, o equipamento padrão de monitoramento e reanimação e um programador treinado devem estar disponíveis<sup>28</sup> e o MP pode ser alterado para o modo não sensor assíncrono (modo fixo)<sup>29</sup> para evitar a inibição miopotencial do dispositivo em pacientes dependentes de MP.<sup>6</sup> Pacientes dependentes de CRMD podem precisar de um sistema de estimulação temporária para preservar a frequência e o ritmo cardíacos durante a terapia de choque.

## Outras técnicas de estimulação elétrica

As técnicas de estimulação elétrica, tais como a estimulação elétrica nervosa transcutânea (Tens), são compostas por vários eletrodos colocados sobre a pele e conectados a um gerador de pulso que aplica 20  $\mu$ s de pulsos retangulares de 1-200 V e 0-60 mA com uma frequência de 20-110 Hz. Essa frequência repetida é semelhante à da faixa normal de batimentos cardíacos, por isso pode criar um potencial campo distante que pode inibir o MP cardíaco.<sup>6</sup> Tens pode ser usada com segurança em pacientes com MPs e desfibriladores com monitoramento atento, mas o uso muito próximo ao dispositivo não é aconselhável.<sup>30</sup>

Há relato de TMMP induzida por potencial estimulação somatossensorial intraoperatória.<sup>31</sup>

## Ablação por radiofrequência (ARF)

A passagem da corrente de radiofrequência (da ponta do eletrodo à placa de retorno da corrente) deve ser mantida o mais longe possível do gerador de impulsos e do sistema de eletrodos para evitar o contato direto entre o cateter de ablação e os dispositivos de controle do ritmo cardíaco (CRMD).<sup>6</sup>

## Radioterapia

A alta energia da radiação ionizante usada em radioterapia pode causar danos significativos aos semicondutores dos MPs, mesmo em doses muito pequenas.<sup>31</sup> Geralmente, doses superiores a 5.000 rads são necessárias para causar o mau funcionamento do MP, mas uma dose de apenas 1.000 rads pode induzir falha ou disfunção do MP.<sup>8</sup> A recuperação do gerador de impulsos pode ocorrer muito depois do fim do tratamento por radiação, mas é em grande parte incompleta e o MP não pode ser usado de forma confiável depois disso.<sup>32,33</sup> Assim, nos geradores de impulsos expostos à radiação, a perda transitória da função deve ser considerada como precursora de dano permanente. Portanto, é fundamental seguir as orientações para garantir a dose de radiação mais baixa possível para o MP<sup>34</sup> e deve-se fazer

um acompanhamento cuidadoso durante e após a conclusão da radioterapia. A Força Tarefa acredita que a radioterapia pode ser feita com segurança em pacientes com CRMD. O dispositivo deve estar fora do campo de radiação.<sup>6</sup> Assim, alguns geradores de impulsos exigirão a realocação cirúrgica antes de iniciar a radiação.

Não há relato sobre os raios-X de baixa energia usados em radiologia diagnóstica causarem qualquer efeito adverso em MPs.<sup>4</sup>

### Outros procedimentos cirúrgicos menores (litotripsia, eletrocauterização endoscópica)

Litotripsia extracorpórea por ondas de choque (Leoc) é associada a forças eletromagnéticas e mecânicas que podem influenciar a função do sistema de estimulação.<sup>35</sup> Os geradores de impulsos com sensor de cristal piezoelétrico parecem ser os mais suscetíveis a falhas<sup>36</sup> e, portanto, o modo do sensor deve ser programado para *off* durante a litotripsia, pois isso evitará um aumento indesejável da frequência e do ritmo cardíacos e danos irreparáveis ao elemento piezoelétrico. Portanto, o ponto focal do litotriptor deve ser mantido pelo menos seis polegadas (15 cm) afastado do MP<sup>37</sup> e a estimulação atrial desativada se o sistema de litotripsia ativar a onda R.<sup>7</sup> Ondas de choque baixo (< 16 kV) podem ser usadas inicialmente, seguidas de um aumento gradual do nível de energia.<sup>38</sup> O eletrocautério endoscópico é geralmente seguro em pacientes com MP, embora complicações tenham sido relatadas.<sup>39</sup>

### Reanimação cardiopulmonar

Os protocolos-padrão de reanimação devem ser seguidos em pacientes portadores de MP permanente e a função normal do MP deve ser estabelecida após o término do procedimento.<sup>4</sup> O limiar de estimulação do miocárdio é acentuadamente aumentado durante a reanimação cardiopulmonar.<sup>4</sup> Mesmo assim, a maioria dos problemas de detecção e estimulação é transitória. Uma avaliação completa do sistema de estimulação, incluindo as funções de interrogatório e programação, deve ser feita após a reanimação.<sup>4</sup>

### Cardioversão e desfibrilação de corrente direta

O cardioversor-desfibrilador (CD) pode causar acoplamento capacitivo com o eletrodo endocárdico, causar uma descarga direta na interface do eletrodo-endocárdico<sup>4,40</sup> e levar a uma falha transiente/permanente para detectar e captar, mesmo na ausência de dano visível ao próprio gerador de impulsos.<sup>41</sup> Circuitos danificados,<sup>42,43</sup> alterações no modo programado da função, falha total do MP e microdeslocamento do eletrodo também podem ocorrer.<sup>4,44</sup> Desfibrilação com pás cardíacas internas requer menos energia, mas também pode interferir na função do MP.<sup>45,46</sup> Os MPs modernos são equipados com mecanismos de proteção contra danos causados por choque do CD. O mais comum é o diodo Zener,<sup>47</sup> que direciona uma onda na corrente em direção ao eletrodo e protege o circuito do MP, mas libera essa energia para o endocárdio.

As precauções gerais para CD em pacientes com MP tentam minimizar a corrente fornecida ao sistema de MP com o uso da definição mínimo de energia eficaz<sup>4,6</sup> e o posicionamento das pás do desfibrilador pelo menos a 10 cm de distância do gerador de impulso, para garantir que as pás sejam posicionadas perpendicularmente ao dipolo do sistema de estimulação. Uma avaliação completa do sistema de estimulação deve ser feita<sup>4</sup> e se ocorrer perda de captura, a reprogramação imediata ou a estimulação temporária do MP deve ser feita em seguida, com o aumento da saída do gerador.<sup>48,49</sup> A Força Tarefa acredita que antes de tentar a cardioversão ou desfibrilação de emergência em um paciente com CDI e terapias magneto-desativadas, todas as fontes de IEM devem ser encerradas e o magneto deve ser removido para reativar as terapias antitaquicardia e então considerar a reativação de terapias por meio da programação.<sup>6</sup>

### Análise de impedância bioelétrica (AIB)

AIB usa técnicas de espectroscopia de bioimpedância que mede em 50 frequências uma faixa de 5 a 1000 kHz para determinar as resistências elétricas de TBW e ECW para fornecer uma estimativa da massa de células do corpo e para descrever as alterações e o equilíbrio dos líquidos,<sup>50</sup> mas não é recomendado para participantes com MP.<sup>51</sup>

### Tomografia por bioimpedância/bioimpedância elétrica torácica (BET)

Esse exame usa corrente elétrica pulsada e corrente elétrica polarizada a uma frequência não superior a 10 Hz, e fornece informações sobre a impedância do ambiente extracelular.<sup>52</sup> No entanto, seu uso não é recomendado para pacientes portadores de MP com a função do sensor de ventilação por minuto (VM), pois os sensores são muito sensíveis para desviar a interferência eletromagnética e os pacientes foram tratados de forma inadequada para taquicardias guiadas por MP como resultado. Assim, a modulação da frequência deve ser programada para *off* no período perioperatório para evitar confusão entre taquicardia intrínseca *versus* induzida por MP.<sup>1,14</sup>

### Alterações metabólicas

Alterações metabólicas e eletrolíticas (hipercalcemia, hiperglicemia, alcalemia, acidose, hipoxemia, hipercapnia e hipotireoidismo) aumentam o limiar de estimulação e causam falha de captura.<sup>53</sup> Portanto, a correção agressiva do distúrbio subjacente é essencial.

### Insuficiência cardíaca sistólica

A presença de um MP permanente foi relatada como preditivo independentemente de mau prognóstico em pacientes com insuficiência cardíaca.<sup>0,54</sup> Portanto, evidência de mau funcionamento do MP deve ser cuidadosamente avaliada.

## Considerações pré-anestésicas

A avaliação pré-operatória de um paciente com MP submetido a cirurgia não cardíaca inclui a avaliação geral do paciente e do MP. O consenso da Força Tarefa<sup>6</sup> é que uma avaliação pré-operatória focada deve incluir:

- Determinar se um paciente tem um CRMD – história e exame físico focados.
- Definir o tipo de dispositivo – obter do paciente ou de outra fonte o cartão de identificação do fabricante e radiografia de tórax (se não houver outros dados disponíveis).
- Determinar se o paciente é dependente do CRMD para a função MP.
- Determinar a função do CRMD por avaliação abrangente do dispositivo; consulta com um cardiologista ou serviço de CRMD; entrar em contato com o fabricante para recomendações perioperatórias.

Diretrizes do ACC sugerem que os exames cardiológicos (testes de esforço, ecocardiograma) sejam ditados pela patologia subjacente do paciente, medicamentos, sintomatologia, intervalo desde o último exame e intervenção planejada.<sup>55</sup>

Exames laboratoriais especiais ou radiografias não são necessários para pacientes com um MP convencional. Porém, um paciente com um MP ou DCI BiV pode precisar de uma radiografia torácica para documentar a posição do eletrodo no seio coronariano, especialmente se a colocação em linha central for planejada. A maioria dos CRMDs atuais tem um código de raios X que pode ser usado para identificar o fabricante do dispositivo.<sup>6</sup> O gerador deve ser identificado e a localização do gerador de impulsos observada. Normalmente, o gerador para os eletrodos epicárdicos é mantido no abdome e sobre um dos músculos peitorais para os eletrodos endocárdicos.<sup>6</sup> Se o interrogatório não for uma opção, pode-se reduzir a frequência cardíaca intrínseca a um ritmo inferior ao do MP pela massagem carotídea ou manobra de Valsalva.<sup>1,56</sup> Qualquer dispositivo perto de seu período eletivo de troca deve ser considerado para a substituição. Desde a implantação, 10% de redução na frequência indicam depleção da fonte de alimentação.<sup>8</sup> A frequência e o ritmo subjacentes do paciente devem ser determinados (que, por sua vez, determinam a necessidade de *backup*/suporte de estimulação externa). Todas as melhorias de frequência e da responsividade da frequência de ventilação por minuto devem ser programadas para o modo *off* e as funções antitaquiarritmia do CDI suspensas, se presentes. Para os pacientes com CDI que dependem da função estimulação para o controle da bradiarritmia, essas funções devem ser alteradas por programação.<sup>6</sup>

O limite inferior da frequência pode ser aumentado para aprimorar o fornecimento de oxigênio para os tecidos em grandes casos.<sup>1</sup> Determinar se uma IEM pode ou não ocorrer. As técnicas anestésicas não influenciam a função do CRMD. Contudo, alterações fisiológicas induzidas pela anestesia (isto é, frequência cardíaca, ritmo ou isquemia) no paciente podem induzir respostas inesperadas do CRMD ou afetar adversamente a interação CRMD-paciente.<sup>6</sup>

Uma reprogramação adequada é o caminho mais seguro para evitar problemas intraoperatórios, além de ser necessária em qualquer dispositivo responsivo à frequência, cardiomiopatia hipertrófica obstrutiva/dilatada, pacientes pediátricos, pacientes dependentes de MP, procedimento importante no peito/abdome, procedimentos especiais (litotripsia, RTUP, histeroscopia, TEC, uso de succinilcolina, RM).<sup>1</sup> Estimulação temporária e equipamento de desfibrilação devem estar prontamente disponíveis antes, durante e depois de um procedimento.<sup>6</sup>

## Considerações intraoperatórias

Anestesia geral pode apresentar uma série de problemas para os pacientes portadores de MP, embora raramente aconteça por causa das técnicas de anestesia contemporâneas. A Força Tarefa concorda que o eletrocardiograma do paciente deve ser exibido de forma contínua e o monitoramento contínuo do pulso periférico feito para todos os pacientes com CRMD que recebem anestesia geral ou regional, sedação ou cuidados anestésicos monitorados. Sístole mecânica (que representa a atividade elétrica ritmada) é mais bem avaliada pela onda pletismográfica da oximetria de pulso, ou pela forma da onda da pressão arterial.<sup>1</sup> A presença de MP não é uma indicação para a inserção de artéria pulmonar (AP) ou cateter venoso central (CVC).<sup>57</sup> A inserção de fio-guia ou CVC é potencialmente arritmogênica<sup>5</sup> e o deslocamento de eletrodo endocárdico transvenoso recém-colocado pode ocorrer. Por isso, deve-se ter cuidado e cateter de AP multipropósito com instalações de estimulação pode ser usado.<sup>58</sup> Medicamentos de emergência devem estar disponíveis, incluindo estimulação temporária e desfibrilação.

A indução anestésica com succinilcolina pode causar fasciculações musculares significativas, levar à completa inibição do MP por causa da superdetecção e resultar em parada cardíaca em pacientes dependentes de MP.<sup>59</sup> A fasciculação muscular induzida pela succinilcolina pode ser evitada com o uso de relaxante muscular não despolarizante ou a desfasciculação com relaxante muscular não despolarizante antes da administração de succinilcolina.<sup>8</sup> Essa complicação também pode ser prevenida por meio da reprogramação temporária do MP para um modo assíncrono.<sup>4</sup> Narcóticos e técnicas inalatórias não alteram os limiares da voltagem e da corrente do MP<sup>60</sup> e, portanto, podem ser usados com segurança. O uso de N<sub>2</sub>O pode causar o mau funcionamento do MP por meio do aumento de gás na bolsa pré-peitoral do MP (perda de contato anodal).<sup>61</sup> Etomidato e cetamina devem ser evitados, pois causam movimentos mioclônicos.<sup>5</sup> Ventilação com pressão positiva pode causar o deslocamento do MP e, portanto, a função MP deve ser verificada antes e após o início da ventilação mecânica.<sup>62</sup>

Muitas anormalidades metabólicas e eletrolíticas podem afetar a função MP e, portanto, o acompanhamento de tais eventos é essencial. Tremores devem ser evitados e a temperatura deve ser mantida constante em MPs responsivos a graus e temperatura.<sup>9</sup>

Em caso de interações imprevistas com o dispositivo, considerar a suspensão do procedimento até que a fonte de interferência possa ser eliminada ou controlada.<sup>6</sup> Em



caso de falha intraoperatória do MP, a concentração de oxigênio inspirado deve ser aumentada para 100%. Todas as conexões e a bateria do gerador devem ser verificadas. O gerador deve ser definido para o modo assíncrono e a saída ventricular deve estar no máximo. O controle farmacológico (atropina, isoproterenol ou epinefrina) pode ser útil até que o problema seja resolvido. A falha temporária de um eletrodo transvenoso em capturar o ventrículo é geralmente por causa do afastamento do eletrodo do endocárdio ventricular; o avanço lento e cuidadoso do cateter ou fio-guia durante a estimulação muitas vezes resulta em captura. Caso uma pressão arterial adequada não possa ser mantida com agonistas adrenérgicos, a reanimação cardiopulmonar deve ser instituída até que outro eletrodo de estimulação seja colocado ou uma nova caixa de gerador obtida.<sup>1</sup> Para o paciente com um desfibrilador implantado, instalações para desfibrilação externa devem estar disponíveis imediatamente após o dispositivo ser desativado.<sup>30</sup> Caso o paciente desenvolva TV, os cirurgiões devem ser aconselhados a cancelar todas as fontes de IEM, o magneto deve ser removido para permitir atividades antitaquicardia e o dispositivo observado e, se falhar, desfibrilação externa/cardioversão deve ser iniciada.

Interferência elétrica proveniente de unidades de eletrocautério cirúrgicos, eletroconvulsoterapia e litotripsia já foram discutidas.

## Considerações pós-operatórias

Monitorar a frequência e o ritmo cardíaco constantemente durante todo o período pós-operatório imediato.<sup>6</sup>

Medicamentos de emergência e equipamentos devem estar disponíveis.<sup>6</sup>

O dispositivo deve ser reprogramado para configurações adequadas. Para um CDI, todas as terapias antitaquiaritmias devem ser restabelecidas. Consultar um cardiologista ou serviço de MP-CDI pode ser necessário.<sup>6</sup>

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

1. Rozner MA. Implantable cardiac pulse generators: pacemakers and cardioverter-defibrillators. In: Miller RD, editor. *Miller's anesthesia*. 7th ed. USA: Churchill Livingstone; 2009. p. 1388–402 [chapter 43].
2. Bernstein AD, Daubert JC, Fletcher RD, et al. The revised NASPE/BPEG generic code for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2002;25:260–4.
3. ACC/AHA/HRS 2008 guidelines for device-based therapy of cardiac rhythm abnormalities. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51:1–62.
4. Banker R, Mitchell R, Badhwar N, et al. Pacemakers and implantable cardioverter-defibrillator emergencies. In: Jeremiah A, Brown DL, editors. *Cardiac intensive care*. 2nd ed. Philadelphia, PA, USA: Saunders; 2010. p. 310–34.
5. Sethuran S, Toff WD, Vuytsteke A, et al. Implanted cardiac pacemakers and defibrillators in anaesthetic practice. *Br J Anaesth*. 2002;88:627–31.
6. Article Task Force. Practice Advisory for the Perioperative Management of Patients with Cardiac Rhythm Management Devices: Pacemakers and Implantable Cardioverter-Defibrillators. A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of Patients with Cardiac Rhythm Management Devices. *Anesthesiology*. 2005;103:186–98.
7. Kleinman B, Hamilton J, Hariman R. Apparent failure of a pre-cordial magnet and pacemaker programmer to convert a DDD pacemaker to VOO mode during the use of the electrosurgical unit. *Anesthesiology*. 1997;86:247–50.
8. Rastogi S, Goel S, Tempe DK, et al. Anaesthetic management of patients with cardiac pacemakers and defibrillators for noncardiac surgery. *Ann Cardiac Anaesth*. 2005;8:21–32.
9. Chien WW, Foster E, Phillips B, et al. Pacemaker syndrome in a patient with DDD pacemaker for long QT syndrome. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1991;14:1209–12.
10. Brode SE, Schwartzman D, Callans DJ, et al. ICD-antiarrhythmic drug and ICD-pacemaker interactions. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 1997;8:830–42.
11. Kalin R, Stanton MS. Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. *PACE*. 2005;28:326–8.
12. Levine GN, Gomes AS, Arai AE, et al. Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiovascular devices: an American Heart Association scientific statement from the Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization. *Circulation*. 2007;116:2878–91.
13. Roguin A, Goldsher D. Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices. *Europace*. 2008;10:336–46.
14. Schwartzburg CF, Wass CT, Strickland RA, et al. Rate-adaptive cardiac pacing: implications of environmental noise during craniotomy. *Anesthesiology*. 1997;87:1252–4.
15. Hayes DL, Holmes Jr DR, Gray JE. Effect of 1.5 Tesla nuclear magnetic resonance imaging scanner on implanted permanent pacemakers. *J Am Coll Cardiol*. 1987;10:782–6.
16. Sommer T, Vahlhaus C, Lauck G, et al. MR imaging and cardiac pacemakers: in-vitro evaluation and in-vivo studies in 51 patients at 0.5 T. *Radiology*. 2000;215:869–79.
17. Gimbel JR, Johnson D, Levine PA, et al. Safe performance of magnetic resonance imaging on five patients with permanent cardiac pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1996;19:913–9.
18. Nazarian S, Roguin A, Zviman MM, et al. Clinical utility and safety of a protocol for noncardiac and cardiac magnetic resonance imaging of patients with permanent pacemakers and implantable-cardioverter defibrillators at 1.5 Tesla. *Circulation*. 2006;114:1277–84.
19. Kanal E, Barkovich AJ, Bell C. ACR guidance document for safe MR practices. *Am J Roentgenol*. 2007;188:1–27.
20. Martin TE, Coman JA, Shellock FG, et al. Magnetic resonance imaging and cardiac pacemaker safety at 1.5-Tesla. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43:1315–24.
21. Loewy J, Loewy A, Kendall EJ. Reconsideration of pacemakers and MR imaging. *Radiographics*. 2004;24:1257–68.
22. Domino KB, Smith TC. Electrocautery-induced reprogramming of a pacemaker using a precordial magnet. *Anesth Analg*. 1983;62:609–12.
23. Belott PH, Sands S, Warren J. Resetting of DDD pacemakers due to EMI. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1984;7:169–72.
24. Van Hemel NM, Hamerlijncx RP, Pronk KJ, et al. Upper limit ventricular stimulation in respiratory rate responsive pacing due to electrocautery. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1989;12:1720–3.
25. Chauvin M, Crenner F, Brechenmacher C. Interaction between permanent cardiac pacing and electrocautery: the significance of electrode position. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1992;15:2028–33.
26. Levine PA, Balady GJ, Lazar HL, et al. Electrocautery and pacemakers: management of the paced patient subject to electrocautery. *Ann Thorac Surg*. 1986;41:313–7.

27. Erdman S, Levinsky L, Servadio C, et al. Safety precautions in the management of patients with pacemakers when electrocautery operations are performed. *Surg Gynecol Obstet.* 1988;167:311–4.
28. Alexopoulos GS, Frances RJ. ECT and cardiac patients with pacemakers. *Am J Psychiatry.* 1980;137:1111–2.
29. Rozner MA. Intrathoracic gadgets: update on pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators. *ASA Refresher Course;* 1999. p. 212.
30. Salukhe TV, Dob D, Sutton R. Pacemakers and defibrillators: anaesthetic implications. *Br J Anaesth.* 2004;93:95–104.
31. Philbin DM, Marieb MA, Aithal KH, et al. Inappropriate shocks delivered by an ICD as a result of sensed potentials from a transcutaneous electronic nerve stimulation unit. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1998;21:2010–1.
32. Raitt MH, Stelzer KJ, Laramore GE, et al. Runaway pacemaker during high-energy neutron radiation therapy. *Chest.* 1994;106:955–7.
33. Souliman SK, Christie J. Pacemaker failure induced by radiotherapy. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1994;17:270–3.
34. Muller-Runkel R, Orsolini G, Kalokhe UP. Monitoring the radiation dose to a multiprogrammable pacemaker during radical radiation therapy: a case report. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1990;13:1466–70.
35. Langberg J, Abber J, Thuroff JW, et al. The effects of extracorporeal shock wave lithotripsy on pacemaker function. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1987;10:1142–6.
36. Cooper D, Wilkoff B, Masterson M, et al. Effects of extracorporeal shock wave lithotripsy on cardiac pacemakers and its safety in patients with implanted cardiac pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1988;11:1386–7.
37. Albers DD, Lybrand FE, Axton JC, et al. Shockwave lithotripsy and pacemakers: experience with 20 cases. *J Endourol.* 1995;9:301–3.
38. Ganem JP, Carson CC. Cardiac arrhythmias with external fixed rate signal generators in shock wave lithotripsy with the Medstone lithotripter. *Urology.* 1998;51:548–52.
39. Ito S, Shibata H, Okahisa T, et al. Endoscopic therapy using monopolar and bipolar snare with a high-frequency current in patients with a pacemaker. *Endoscopy.* 1994;26:270.
40. Aylward P, Blood R, Tonkin A. Complications of defibrillation with permanent pacemaker in situ. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1979;2:462–4.
41. Waller C, Callies F, Langenfeld H. Adverse effects of direct current cardioversion on cardiac pacemakers and electrodes: is external cardioversion contraindicated in patients with permanent pacing systems? *Europace.* 2004;6:165–8.
42. Das G, Eaton J. Pacemaker malfunction following transthoracic countershock. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1981;4:487–90.
43. Levine PA, Barold SS, Fletcher RD, et al. Adverse acute and chronic effects of electrical defibrillation and cardioversion on implanted unipolar cardiac pacing systems. *J Am Coll Cardiol.* 1983;1:1413–22.
44. Gould L, Patel S, Gomes GI, et al. Pacemaker failure following external defibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1981;4:575–7.
45. Calkins H, Brinker J, Veltri EP, et al. Clinical interactions between pacemaker and automated implantable cardioverter defibrillators. *J Am Coll Cardiol.* 1990;16:666–73.
46. Yee R, Jones DL, Klein GJ. Pacing threshold changes after transvenous catheter countershock. *Am J Cardiol.* 1984;53:503–7.
47. Lau FY, Bilitch M, Wintroub HJ. Protection of implanted pacemakers from excessive electrical energy of DC shock. *Am J Cardiol.* 1969;23:244–9.
48. Mehta Y, Swaminathan M, Juneja R, et al. Noncardiac surgery and pacemaker cardioverter-defibrillator management. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1998;12:221–4.
49. Mangar D, Atlas GM, Kane PB. Electrocautery-induced pacemaker malfunction during surgery. *Can J Anaesth.* 1991;38:616–8.
50. Heymsfield SB, Wang Z, Visser M, et al. Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1996;64:478S–84S.
51. Leeab SY, Gallagherec D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2008;11:566–72.
52. Rienzo VD, Minelli M, Sambugaro R. Applicability of extracellular electrical impedance tomography in monitoring respiratory tract inflammation. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2007;17:34–8.
53. Dohrmann ML, Goldschlager NF. Myocardial stimulation threshold in patients with cardiac pacemakers: effect of physiologic variables, pharmacologic agents, and lead electrodes. *Cardiol Clin.* 1985;3:527–37.
54. Saxon LA, Stevenson WG, Middlekauff HR, et al. Increased risk of progressive hemodynamic deterioration in advanced heart failure patients requiring permanent pacemakers. *Am Heart J.* 1993;125:1306–10.
55. Fleisher LA, Beckman JA, Brown KA, et al. ACC/AHA 2007 guidelines on perioperative cardiovascular evaluation and care for noncardiac surgery. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines. Ci.
56. Simon AB. Perioperative management of the pacemaker patient. *Anesthesiology.* 1977;46:127–31; Simon AB. Perioperative management of the pacemaker patient. *Circulation.* 2007;116:1971–6.
57. Zaidan JR, Pacemakers. *Anesthesiology.* 1984;60:319–34.
58. Kemnitz J, Peters J. Cardiac pacemakers and implantable cardioverter defibrillators in the perioperative phase. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 1993;28:199–212.
59. Finfer SR. Pacemaker failure on induction of anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1991;66:509–12.
60. Atlee JL, Bernstein AD. Cardiac rhythm management devices, perioperative management. *Anesthesiology.* 2001;95:1492–506.
61. Lamas GA, Rebecca GS, Braunwald NS, et al. Pacemaker malfunction after nitrous oxide anesthesia. *Am J Cardiol.* 1985;56:995–6.
62. Thiagarajah S, Azar I, Agres M, et al. Pacemaker malfunction associated with positive pressure ventilation. *Anesthesiology.* 1983;58:565–6.